

Použití umělé kostní náhrady při laterální mezitělové fúzi na bederní páteři: prospektivní radiologická studie

Use of Artificial Bone in Lateral Interbody Fusion of the Lumbar Spine: A Prospective Radiographic Study

L. HRABÁLEK¹, E. ČECHÁKOVÁ², S. BUŘVAL², M. ADAMUS³, K. LANGOVÁ⁴, M. VAVERKA¹

¹Neurochirurgická klinika FN a LF UP v Olomouci

²Radiologická klinika FN a LF UP v Olomouci

³Klinika anesteziologie a resuscitace FN a LF UP v Olomouci

⁴Katedra biofyziky FN a LF UP v Olomouci

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study was to evaluate the extent of fusion using synthetic β -tricalcium phosphate as a bone substitute in extreme lateral interbody fusion (XLIF).

MATERIAL AND METHODS

In this prospective study, patients undergoing XLIF with an Oracle cage filled with the artificial bone ChronOs Strip (Synthes, USA) were evaluated. The group consisted of 61 patients, 33 women and 28 men, with an average age of 50.9 years (range, 21 to 73 years). A total of 64 segments were operated on. Stand-alone interbody fusion was performed in 14 segments, lateral plate fixation in 19, transpedicular (TP) fixation before XLIF was carried out in 14 and TP fixation after XLIF in 17 segments. At one-year follow-up, dynamic X-rays to exclude instability, and CT images were obtained in order to evaluate the extent of bone fusion outside the implant (complete fusion, partial fusion, no fusion) and inside it (% of the bone fusion surface area). In addition, bone mineral density following fusion mass bone quality (expressed in Hounsfield units [HU]) was assessed inside the implant at the site of ChronOs Strip placement, using a region of interest (ROI) analysis.

For the evaluation of fusion bone quality inside the implant on CT scans with HU qualification, the authors propose the following scale:

1. No fusion (0-99 HU)
2. Uncertain fusion (100-190 HU)
3. Probable fusion (200-299 HU)
4. Reliable fusion (300 and more HU)

All results were statistically evaluated in relation to the gender, age, treated segment, surgical diagnosis, method of fixation, implant height and intervertebral space reduction at one-year follow-up.

RESULTS

Fusion outside the implant was complete in 18 segments (28%) and partial in 27 (42%); in 19 segments (30%) it was not detected.

The bone fusion surface area inside the implant was 54.5% (0–100%) on the average. It was related to age and implant height; the surface area increased with increasing age and with increasing implant height.

Solid bone fusion inside the implant, as assessed on CT images using HU, was reliable in 36 segments (56%), probable in 11 (17%), uncertain in 10 (16%) and was not detected in seven segments (11%).

A significant relationship was found between the quality of bone fusion and the type of fixation. Of the segments treated by stand-alone XLIF, 29% showed no fusion while the segments managed by lateral plate fixation had 32% of them with probable fusion. Correlations were also found with the height of an implant (the higher the implant, the more reliable its fusion), with age (the higher age, the higher bone density) and with the spinal level (the lower level, the lower bone density).

In 45 (70%) segments, bone mineral density inside the implant was higher than the density of surrounding spongy bone. The average density inside the implant was 333.7 HU (14-1075) and that of the surrounding bone was 244.6 HU (66-500).

The intervertebral space was reduced by an average of 1.1 mm (0-6.2). All treated segments were found stable on dynamic X-rays.

DISCUSSION

The use of a tricortical bone graft collected from the iliac crest is associated with pain at the harvest donor site in 2.8% to 39% of the cases, and this has been an impetus for many surgeons to use bone substitutes. In terms of the final outcome, i.e., solid bone fusion, the difference between the resorption rates of allogeneous graft/artificial bone and ingrowth of autologous bone (from vertebral bodies) plays the most decisive role.

CONCLUSIONS

The change of β -tricalcium phosphate to bone tissue is not always reliable and this can largely be expected when the resorption rate of ChronOs strip is low, i.e., at higher patient age and with a higher height of the implant.

The authors recommend increasing the probability of solid fusion in XLIF by using lateral plate fixation.

The method of assessing bone fusion by measuring bone density on CT scans proved to be useful because of its objectivity, and it can replace the current assessments based only on subjective judgement.

Key words: lumbar spine, interbody fusion, arthrodesis, artificial bone.

ÚVOD

Autogenní kostní štěp je stále považován za zlatý standard při mezitělové kostní fúzi. Použití trikortikálního kostního štěpu z hřebene kosti kyčelní je ale provázáno bolestí v odběrovém místě ve 2,8–39 % případů (17). Tyto skutečnosti vedly mnoho autorů k použití náhradních kostních materiálů. Z tohoto pohledu se pro konečný výsledek (kostní zhojení) zdá rozhodující poměr mezi rychlostí resorbce alogenního štěpu nebo umělého kostního materiálu a rychlostí náhrady vlastní kostní tkáně (7,15,19). Linovitz a Peppers prezentovali nadějně výsledky s použitím osteokonduktivního beta-tricalciumfosfátu v kombinaci s žilní krví nebo kostní dřeví jako osteoinduktivním materiálem. Sledovali kostní fúzi při ALIF (Anterior Lumbar Interbody Fusion) vzniklou během 3–6 měsíců (12).

Cílem tohoto sdělení bylo vyhodnocení míry fúze při použití beta-tricalcium fosfátu jako náplně implantátu při XLIF (Extreme Lateral Interbody Fusion).

MATERIÁL A METODIKA

Soubor

Nemocní byli operováni v období od listopadu 2009 do dubna 2011. Ke všem kontrolám se dostavilo a soubor tak tvořilo 61 pacientů, z toho 33 žen a 28 mužů. Průměrný věk pacientů byl 50,9 let (21–73 let). Jednotážově bylo operováno 58 pacientů a dvouetážově tři, celkem tedy bylo hodnoceno 64 segmentů. Etáž L1/2 ve třech případech, L2/3 v osmi, L3/4 v deseti a L4/5 ve 43 případech. DDD byla důvodem k XLIF ve 26 segmentech, FBSS v 16, spondylolistéza v 18 a post-traumatická léze disku ve 4 segmentech. Bez fixace, tedy „stand alone“ bylo ponecháno 14 implantací, fixace laterální dlahou byla provedena v 19 případech, TP (transpedikulární) fixace ještě před XLIF ve 14 a doplnění TP fixace po XLIF v 17 případech. Doplnění TP fixace bylo provedeno do 3 měsíců od operace a důvodem nebylo selhání XLIF, ale nedostatečný klinický efekt operace. Bylo implantováno 10 klíček výšky

9 mm, 22 výšky 11 mm, 30 výšky 13 mm a dvě klíčky výšky 15 mm.

Ve studii byli prospektivně sledováni a hodnoceni výhradně pacienti po XLIF za použití implantátu Oracle (Synthes, USA) s výplní umělým kostním materiálem ChronOs Strip (Synthes, USA). Indikací k operaci bylo degenerativní onemocnění lumbosakrální (LS) páteře typu DDD (Disc Degenerative Disease), FBSS (Failed Back Surgery Syndrome) nebo spondylolistézy I. nebo II. stupně, které se vždy projevovalo axiální bolestí a současně odpovídající radikulopatií, případně kaudikací. Podmínkou operace byla neúspěšná konzervativní léčba, která spočívala v analgetizaci, fyzioterapii a periradikulární terapii (PRT). Další operovanou skupinou byli pacienti po traumatickém poranění meziobratlové ploténky s kostně zhojenou frakturou obratlového těla.

Kontraindikováni byli nemocní s nádorem, zánětem páteře, těžkou osteoporózou, hernií disku, signifikantní stenózou (pokud nebyla ošetřena dříve zadní dekompresí), spondylolistézou III. – IV. stupně a čerstvou zlomeninou.

Před operací byli všichni nemocní podrobeni standardnímu klinickému a neurologickému vyšetření a pomocí „Visual Analogue Scale“ (VAS) hodnotil pacient stupeň bolesti a pomocí dotazníku „Oswestry Disability Index“ (ODI) svůj funkční stav. Všichni nemocní byli vyšetřeni magnetickou rezonancí (MR) na přístroji Magnetom Symphony 1.5T (Siemens, Německo), v sagitální rovině v sekvenci T2 tse–rst sag pat 2 /i PAT/, v T1 tse–sag /i PAT/ a ve STIR sag Hi Res /i PAT/. Současně byly provedeny statické a dynamické skiagrafické snímky bederní páteře. Nemocní byli informováni o probíhající studii a podepsali informovaný souhlas.

Pacienti byli operováni v celkové anestezii, pod clonnou antibiotikou a miniheparinizací, v poloze na pravém boku (right lateral decubitus position). Byly zavedeny vpichové elektrody do svalů levé dolní končetiny tak, aby bylo možné sledovat v průběhu operace evokovanou (triggered) elektromyografickou (tEMG) odpověď. Vždy byly monitorovány dva kořeny LS plexu v zá-

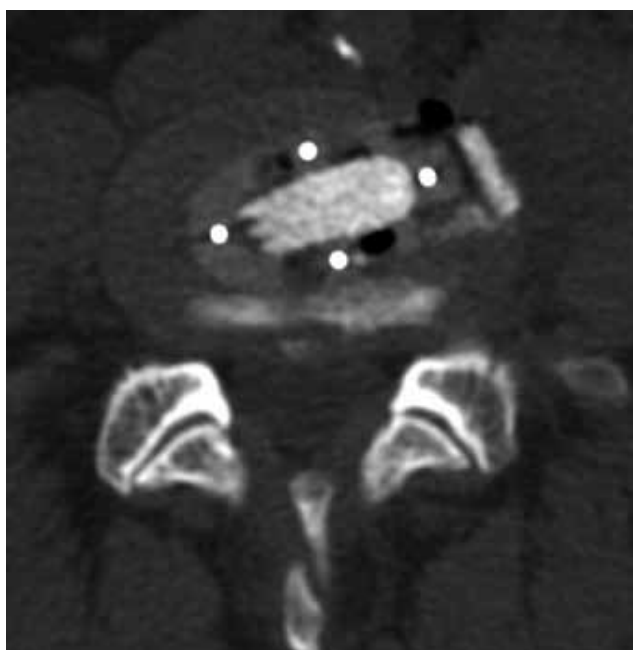
vislosti na operované etáži. Kožní řez délky 5 cm byl veden šikmo na levém boku pacienta nad hřebenem kosti kyčelní, podle zaměření rtg C-ramenem. Přístup do retroperitoneálního prostoru byl umožněn tupým odhrnutím svalů břišní stěny, následně byl identifikován *m. psoas major*. Přes tento sval kolmo k podložce byla zavedena tupá sonda k předpokládané meziobratlové ploténce na hranici její přední a střední třetiny. Při korektní pozici posouzené rtg C-ramenem následovala trans-psoatická preparace po směru svalových vláken, pod vizuální kontrolou s cílem vyhnout se důsledně nervovým strukturám. Pomocí tEMG byla vyloučena těsná blízkost nervových kořenů. Pak byl do disku zaveden Kirschnerův drát (K-drát), přes něj dilatátory a nakonec speciální třístranný rozvěrač pevně fixovaný ke stolu. Meziobratlová ploténka s krycími deskami byla odstraněna na rozhraní její přední a střední třetiny, kompletně až kontralaterálně, s využitím instrumentária Oracle Cage System. Zkušební sondou byl vybrán implantát Oracle optimální výšky, délky a úhlu. Klíčka byla vyplněna náhradní kostí ChronOS strip, vylišovanou do pásky, který jsme před aplikací prosákli krví a kostní dřením pacienta (obr. 1). Klíčka byla zatlučena do meziobratlového prostoru,



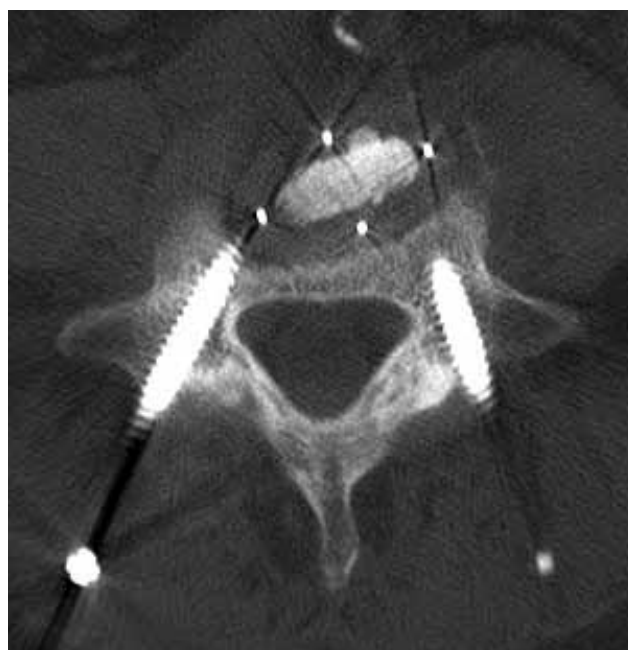
Obr. 1. Implantace Oracle cage s náplní ChronOs strip (beta-trikalciumfosfát), pásky ChronOS jsou ve 3 vrstvách.

kontrola polohy a hloubky byla umožněna pomocí rentgen-kontrastních tantalových značek zapuštěných do PEEK (polyetheretherketon) jinak nekontrastního implantátu. Poté byl odstraněn rozvěrač a uzavřena operační rána po vrstvách.

Po operaci byli nemocní vertikalizováni v korzetu na druhý den a zahájili rehabilitaci. Současně bylo vždy



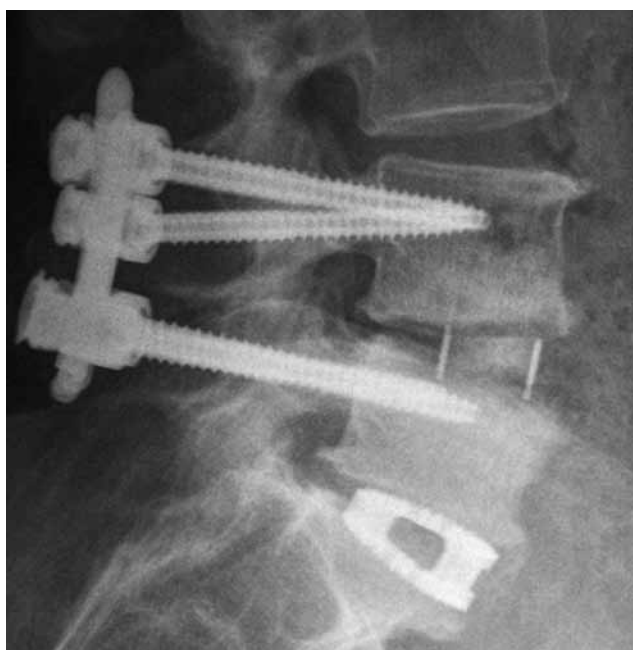
Obr. 2. CT sken axiální, bezprostředně po operaci. Žena, 54 let, L4/5, indikace DDD. Oracle cage s náplní ChronOS stripem. Denzita ChronOS je 650 HU.



Obr. 3. CT sken axiální, jeden rok po operaci u stejného pacienta. Oracle cage s kostní solidní fúzí, po přestavbě ChronOS stripu. V mezidobí doplněna TP fixace. Denzita uvnitř implantátu je 960 HU.

provedeno CT (Computed Tomography) operovaného segmentu (přístroj Light Speed VC, GE, USA) a kontrolován těsný kontakt ChronOs stripu s krycími deskami (obr. 2). Dimise byla u všech pacientů 3.-5. den. První klinická a skiagrafická kontrola proběhla vždy v 6. týdnu, následně v 6. měsíci po operaci. Za 1 rok od operace byli nemocní pozváni k další klinické kontrole, k dynamickým skiagramům k vyloučení nestability (stabilní do 2° a bez translace) a ke kontrolnímu CT vyšetření operované páteře (obr. 3–5). CT vyšetření bylo provedeno na přístroji Light Speed VC (GE, USA), nativně s vrstvou šířky 0,625 mm a intervalem 0,625 mm, transversálními řezy v algoritmu SOFT a BONE a rekonstrukcí v sagitální a koronální rovině v algoritmu BONE, s šířkou vrstvy 1 mm. Účelem bylo zhodnocení rozsahu kostního hojení vně (kompletní fúze, částečná fúze, fúze nenastala) a uvnitř implantátu (plocha kostní fúze v procentech). Navíc byla měřena denzita kostní fúze (v HU – Hounsfield Unit) uvnitř implantátu na místě původního ChronOS stripu metodou ROI (Region of Interest), která je součástí softwaru přístroje a IMPAXu. K hodnocení míry kostní fúze tímto postupem nejsou žádné literární podklady, jde o vlastní metodiku autorů. Navržené hranice hodnot HU byly založeny na měření denzit obratlového těla u všech operovaných pacientů a na zkušenostech jak neurochirurga, tak radiologů při interpretaci fúze. Hodnocení kostní fúze metodou měření HU na CT uvnitř implantátu autoři (označeno jako **HU fúze**) rozdělili do 4 stupňů:

1. není fúze (0–99 HU),
2. fúze nejistá (100–199 HU),
3. fúze pravděpodobná (200–299 HU),
4. fúze spolehlivá (300 a více HU).



Obr. 4. Skiagram laterální, jeden rok po operaci u pacienta z obr. 2 a 3. V etáži L4/5 Oracle cage s kostní přestavbou ChronOs stripu uvnitř implantátu, TP fixace. V etáži L5/S1 provedena ALIF pomocí Syncage, 5 let dříve.

Na CT byla dále změřena výška operovaného meziobratlového prostoru přední a zadní hrany obratlového těla po operaci a průměr byl srovnán s průměrem po jednom roce.

Statistika

Statisticky byly srovnány: rozsah (plocha) kostní fúze vně a uvnitř implantátu, naměřené hodnoty HU uvnitř implantátu, rozdíl HU uvnitř implantátu a HU spongiózní kosti obratlového těla, stupeň HU fúze (4 stupně dle autorů) a jejich závislosti na pohlaví, věku, operované etáži, operační diagnóze, typu fixace a míře snížení meziobratlového prostoru vždy jeden rok od operace. Dále byla srovnána závislost snížení meziobratlového prostoru na pohlaví, věku, operované etáži, operační diagnóze a typu fixace. Autoři porovnali rozsah kostní fúze uvnitř implantátu s naměřenými hodnotami HU uvnitř implantátu a dále se stupněm HU fúze, aby prokázali, zda tyto výsledky vyjadřují identicky míru kostní fúze.

VÝSLEDKY

1. Vnější fúze operovaného segmentu byla kompletní v 18 segmentech (28 %) a částečná ve 27 (42 %), nebyla prokázána v 19 segmentech (30 %).

Nebyla prokázána závislost mezi vnější fúzí a pohlavím, věkem, etáží, operační indikací, způsobem fixace, mírou zanoření implantátu a výškou použitého implantátu.

2. Plocha kostní fúze uvnitř implantátu dosáhla v průměru 54,5 % (0–100 %).



Obr. 5. Skiagram předozadní, jeden rok po operaci. Muž, 34 let, L2/3, indikace posttraumatická léze disku. Oracle cage s náplní ChronOS stripem a fixací laterální dlahou.

Nebyla prokázána závislost průměrné plochy fúze uvnitř implantátu na pohlaví (muži 56 %, ženy 53 %), na etáži, operační indikaci (DDD 57 %, FBSS 43 %, spondylolisthesis 59 %, trauma 62,5 %) ani na způsobu fixace („stand alone“ 43 %, dlaha 61 %, TP před XLIF 61 %, TP po XLIF 51 %). Byla prokázána slabá pozitivní korelace s věkem, kdy se zvyšujícím se věkem se zvyšovala plocha fúze. Byla prokázána slabá statisticky významná korelace s výškou implantátu, kdy čím vyšší byl implantát, tím větší byl i rozsah vnitřní fúze.

3. Vnitřní fúze hodnocená pomocí HU

Nebyla prokázána závislost průměrné denzity uvnitř implantátu na pohlaví (muži 349 HU, ženy 319 HU), na operační indikaci (DDD 344 HU, FBSS 302 HU, spondylolisthesis 335 HU, trauma 386,5 HU) ani na způsobu fixace („stand alone“ 283 HU, dlaha 363 HU, TP před XLIF 344 HU, TP po XLIF 334 HU). Byla prokázána slabá pozitivní korelace s věkem, kdy se zvyšujícím se věkem se zvyšovala denzita. Byla prokázána slabá závislost na etáži, kdy se snižující se etáží se snižovala denzita.

4. Stupeň vnitřní fúze – HU fúze

Solidní kostní fúze nastala spolehlivě ve 36 etážích (56 %), byla pravděpodobná v 11 (17 %), nejistá v 10 (16 %) a nenastala v 7 (11 %) etážích.

Nebyla prokázána závislost na pohlaví a operační diagnóze. Korelační analýzou byla prokázána slabá závislost na věku, kdy se zvyšujícím se věkem se zvýšila spolehlivost fúze. Byla prokázána slabá závislost na etáži, kdy čím nižší etáž, tím menší spolehlivost fúze. Hraničně signifikantní byl průkaz závislosti na způsobu fixace, kdy u „stand alone“ častěji nenastala fúze vůbec (29 % segmentů takto operovaných), naopak při fixaci dlahou byl vyšší podíl segmentů s pravděpodobnou fúzí (32 % segmentů takto operovaných). Byla prokázána slabá statisticky významná korelace s výškou implantátu, kdy čím vyšší byl implantát, tím spolehlivější byla vnitřní fúze.

5. Rozdíl HU uvnitř implantátu a spongiózní kosti

Ve 45 případech (70 %) byla denzita kosti uvnitř implantátu větší než denzita okolní spongiózní kosti, menší denzita byla v 19 případech (30 %). V průměru byla denzita uvnitř implantátu 333,7 HU (14–1075 HU) a v okolní kosti 244,6 HU (66–500 HU).

Nebyla prokázána závislost rozdílu denzit na pohlaví, operační indikaci ani způsobu fixace. Fisherovým přesným testem a metodou adjustovaných reziduí byla prokázána závislost na etáži, kdy u pacientů operovaných v etáži L3/4 byla statisticky významně častější situace větší denzity uvnitř implantátu (ve 100 %) než v etáži L4/5 (v 60,5 %).

Dvouvýběrovým t-testem bylo prokázáno, že pacienti s menší denzitou uvnitř implantátu měli statisticky významně nižší průměrný věk (průměr 45 let) než s vyšší denzitou (průměr 53 let). Mann-Whitney testem bylo prokázáno statisticky významně menší snížení meziobratlového prostoru v segmentech s menší denzitou uvnitř implantátu než ve spongiózní kosti (0,63 mm) než u segmentů s větší denzitou (1,24 mm). Korelace mezi HU spongiózní kosti a snížením prokázána nebyla.

6. Průměrné snížení meziobratlového prostoru bylo o 1,1 mm (0–6,2 mm)

Nebyla prokázána závislost průměrného snížení na pohlaví (muži 1,0 mm, ženy 1,1 mm), věku, etáži, operační diagnóze ani způsobu fixace („stand alone“ 0,9 mm, dlaha 1,0 mm, TP před XLIF 1,1 mm, TP po XLIF 1,2 mm).

7. Všechny operované segmenty byly dle **dynamic-kých skiagramů** stabilní.

8. **Plocha vnitřní fúze** statisticky silně významně korelovala s měřením vnitřní fúze pomocí HU a se zařazením do jednotlivých stupňů HU fúze (Spearmanovy korelační koeficienty).

DISKUSE

Autogenní kostní štěp je stále považován za zlatý standard při mezitělové kostní fúzi. Přesto například Zelle et al. na souboru 92 pacientů operovaných metodou 360° fúze neprokázali rozdíl v klinických a radiologických výsledcích, včetně míry kostní fúze, mezi skupinou nemocných s implantací karbonové klíčky a trikortikálního kostního štěpu (20). Obdobné srovnatelné výsledky prezentovali Madan et al. u pacientů po ALIF s použitím trikortikálního štěpu a Hartshillovy klíčky, bez dodatečné instrumentace (13). Z přehledu literatury vyplývá, že použití trikortikálního kostního štěpu z hřebene kosti kyčelní je provázáno bolestí v odběrovém místě ve 2,8–39 % případů, dokonce bolest přetrvávala déle jak 2 roky v 15–39 % (17). Tyto skutečnosti vedou mnoho autorů k použití náhradních kostních materiálů. Z tohoto pohledu se pro konečný výsledek (kostní zhojení) zdá rozhodující poměr mezi rychlostí resorbce alogenního štěpu nebo umělého kostního materiálu a rychlostí náhrady vlastní kostní tkáně (7). Pradhan et al. prokázali velmi vysoký poměr pseudoartróz (36 %) v kombinaci alogenní štěp a rhBMP-2 zřejmě proto, že došlo k rychlejší resorbci kostního štěpu než k nastartování osteoindukce (16). Linovitz a Peppers prezentovali nadějně výsledky s použitím beta-trikalciumpfosfátu v kombinaci s žilní krví nebo kostní dřeně jako osteoinduktivním materiálem. Sledovali kostní fúzi při ALIF vzniklou během 3–6 měsíců (12). Přitom při použití autologního kostního štěpu u ALIF v L4/5 nastala fúze v 96 % až během 9 měsíců (4).

PEEK polymer je v současné době velmi oblíbeným a používaným biomateriálem zejména pro svou chemickou, radiační a hydrolytickou odolnost a vysokou pevnost. Je termoplastický a to jej předurčuje k poměrně snadné výrobě v různých tvarech a velikostech. Na rozdíl od metalických klíček odpadá nebezpečí alergických reakcí, jsou radiolucenční a na magnetické rezonanci nepůsobují artefakty. Nevýhodou PEEKových implantátů ovšem je, že na styčné ploše implantátu a krycí desky se objevují vysoké tlaky, které mnohdy vedou k pseudoartróze (8). Anatomický tvar implantátu ve srovnání s plochým ale umožní větší tlakové rozptýlení (6).

Použití instrumentace při degenerativním postižení páteře zůstává kontroverzní. Z rozboru literatury vyplývá, že podpora stability operovaného segmentu vede

ke zvýšení míry fúze, ale často bez doprovodného klinického efektu. K udržení dostatečné stability nezbytné ke kvalitnímu kostnímu zhojení je používána přední nebo laterální stabilizace dlahou a šrouby nebo zadní transpedikulární fixace (9). Oba tyto postupy poskytují dle biomechanických studií dostatečnou stabilitu ve srovnání se stand-alone operací. Laterální XLIF stand-alone vede ke snížení ROM ve srovnání s intaktní páteří ve flexi, extenzi a axiální rotaci, zatímco v bočním ohybu ROM zůstává stejný. Přidání laterální dlahy vede k dalšímu signifikantnímu snížení ROM ve flexi a bočním ohybu, zatímco po transpedikulární fixaci byl ROM snížen signifikantně ve všech směrech pohybu (10). Naopak podle Tsantrizose et al. ALIF stand-alone obecně snižuje ROM dostatečně efektivně a reziduální ROM přitom zachová mikropohyby na styčné ploše klícky a krycí desky (18).

Zanoření kostních štěpů nebo klícek je běžným nálezem, nejvýrazněji je lze očekávat u stand-alone procedur. Například Choi et al. sledovali tento jev u 77 % operovaných, původní průměrná výška mezitělového prostoru před operací byla 11,6 mm, po operaci ALIF stand-alone pravoúhloú klíčkou došlo k distakci na 16,9 mm a v okamžiku zhojení byla průměrná výška již jen 13,2 mm (5). Obdobně při použití trikortikálního kostního štěpu Cheung et al. referovali distakci z původních 12,1 mm na 16,2 mm a po 9 měsících nastalo snížení na 12,6 mm. K redukci výšky mezitělového prostoru došlo vždy během prvních 3 měsíců (4).

Dosud neexistují všeobecně akceptovaná kritéria hodnotící kostní mezitělovou fúzi, většinou jsou založena na skiagrafičtých nebo CT vyšetřeních. Mc Afee et al. hodnotili formaci kostní tkáně před klíčkou, přemostující přední hranu meziobratlového prostoru jako nejspolehlivější indikátor fúze (sentinel sign), (14). Burkus et al. posuzovali fúzi obdobně, pokud byla kostní tkáň dorzálně od klícky a přesahovala zadní hranu disku (posterior sentinel sign), (2). Kim et al. klasifikovali kostní fúzi podle skiagrafičtých snímků do čtyř stupňů v pořadí: kostní denzita jen uvnitř klícky, přemostující kostní trámce vně klícky, přemostující kostní trámce vyplňující meziobratlový prostor, přerůstání kostní hmoty do páteřního kanálu. Ke zhodnocení konečné fúze doporučili počkat minimálně jeden rok (10). Posouzení fúze z dynamických skiagrafičtých snímků flexe-extenze je poměrně nespolehlivá, přesto nadále uznávaná metoda hodnocení. Doporučená kritéria rozsahu pohybu pro fúzi se tak pohybují v rozmezí od 0° do 5° dle různých autorů. Například Bono et al. prokazovali 100% fúzi při průkazu pohybu z flexe do extenze 0,8°, zatímco při 3,3° byla sledována fúze jen v rozsahu 25 % meziobratlového prostoru (1). Kumar et al. rozlišovali podle dynamických snímků artrodézu, pokud rozsah pohybu nebyl větší jak 2°, nebyla zřejmá radiolucenční linie mezi implantátem a kostní krycí deskou nebo bylo jasné kostní přemostění. Druhým stupněm byla funkční artrodéza, při rozsahu pohybu opět do 2°, přítomnosti kostního přemostění před nebo za implantátem a při současné radiolucenční linii. Třetím stupněm bylo nepřihojení implantátu při rozsahu pohybu nad 2°

a přítomnosti radiolucenční linie (11). Tenkovrstevných CT snímků k hodnocení fúze u pacientů s metalickým implantátem použili Carreon et al. Jejich hodnocení bylo čistě subjektivní jako fuzovaný nebo nefuzovaný segment (3).

Naše studie přesvědčivě prokázala především korelaci objektivního měření vnitřní fúze pomocí HU na CT a zařazení do jednotlivých stupňů fúze (HU fúze) se subjektivním hodnocením rozsahu (plochy) vnitřní fúze. Dle autorů je tato metoda objektivizující kostní fúzi jednoduchá a běžně dostupná. Diskutabilní zůstávají limity HU pro jednotlivé stupně hojení, které se s další praxí mohou měnit. Kostní fúze nenastala v 7 segmentech podle CT měření, ale stabilita byla dostatečná ve všech případech. Rozsah přestavby beta-trikalciumfosfátu v kostní tkáni dosáhl 55 %, a to je méně, než autoři předpokládali. Podle očekávání, byť jenom hraničně byl prokázán vliv fixace na fúzi, kdy u „stand-alone“ častěji nenastala fúze vůbec a naopak při fixaci dlahou byl vyšší podíl pravděpodobné fúze. To favorizuje současnou implantaci dlahy při XLIF. Prokázali jsme poměrně překvapivě větší denzitu uvnitř implantátu i plochu fúze ve vyšším věku a při větší výšce implantátů, byť korelace byla jen statisticky slabě pozitivní. Tato skutečnost spíše vylučuje větší aktivitu osteoblastů prorůstajících z obratlového těla a naopak vysvětlením může být zdlouhavější odbourávání ChronOs stripu. Zanoření implantátu v průměru o 1,1 mm bylo minimální a míra přestavby beta-trikalciumfosfátu nerozhodovala, neboť při nižší denzitě autoři prokázali menší zanoření. Na druhou stranu se k vysvětlení tohoto jevu nepotvrdil ani vliv denzity kosti obratlového těla.

Použití beta-trikalciumfosfátu ve směsi s krví a kostní dřeně při XLIF je praktické, nicméně nezaručí vždy potřebný rozsah fúze a autoři doporučují používat větší příměs autologní kostní dřeně nebo spongiózy. Tento předpoklad bude vhodné ještě dále ověřit.

ZÁVĚR

Navržená metoda sledování kostní fúze měřením kostní denzity na CT se osvědčila, je objektivním posouzením a může tak nahradit dosavadní postupy založené pouze na subjektivním hodnocení.

Po jednom roce došlo ke kostní fúzi uvnitř implantátu postupnou přestavbou beta-trikalciumfosfátu v průměrném rozsahu 55 %. Při hodnocení metodou měření denzit na CT a s využitím klasifikace fúze dle autorů nastala solidní kostní fúze spolehlivě v 56 %, byla pravděpodobná v 17 %, nejistá v 16 % a nenastala u 11 % segmentů.

Průměrné zanoření implantátu během jednoho roku bylo 1,1 mm.

Autoři doporučují ke zvýšení pravděpodobnosti solidní fúze při XLIF současnou fixaci dlahou.

Přestavba beta-trikalciumfosfátu do kostní tkáně není vždy spolehlivá a lze ji očekávat spíše v případech zpomaleného vstřebávání ChronOs stripu, tedy ve vyšším věku a u vyšších implantátů.

Literatura

1. BONO, C. M., KHANDHA, A., VADAPALLI, S., HOLEKAMP, S., GOEL, V. K., GARFIN, S. R.: Residual sagittal motion after lumbar fusion: a finite element analysis with implications on radiographic flexion-extension criteria. *Spine*, 32: 417–422, 2007.
2. BURKUS, J. K.: Bone morphogenetic proteins in anterior lumbar interbody fusion: old techniques and new technologies. Invited submission from the Joint section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves. *J. Neurosurg. Spine*, 1: 254–260, 2004.
3. CARREON, L. Y., GLASSMAN, S. D., SCHWENDER, J. D., SUBACH, B. R., GORNET M. F., OHNO, S.: Reliability and accuracy of fine-cut computed tomography scans to determine the status of anterior interbody fusions with metallic cages. *Spine J.*, 8: 998–1002, 2008.
4. CHEUNG, K. M. C., ZHANG, Y. G., LU, D. S., LUK, K. D. H., LEONG, J. C. Y.: Reduction of disc space distraction after anterior lumbar interbody fusion with autologous iliac crest graft. *Spine*, 28: 1385–1389, 2003.
5. CHOI, J. Y., SUNG, K. H.: Subsidence after anterior lumbar interbody fusion using paired stand-alone rectangular cages. *Eur. Spine J.*, 15: 16–22, 2006.
6. FERGUSON, S. J., VISSER, J. M. A., POLIKEIT, A.: The long-term mechanical integrity of non-reinforced PEEK-OPTIMA polymer for demanding spinal applications: experimental and finite-element analysis. *Eur. Spine J.*, 15: 149–156, 2006.
7. HING, K. A., WILSON, L. F., BUCKLAND, T.: Comparative performance of three ceramic bone graft substitutes. *Spine J.*, 7: 475–490, 2007.
8. HRABÁLEK, L., REŠKOVÁ, I., BUČIL, J., VAVERKA, M., HOUDEK, M.: Použití titanových a PEEKových implantátů při ALIF stand-alone u degenerativního onemocnění lumbosakrální páteře – prospektivní studie. *Cesk. Slov. Neurol. N.*, 72/105: 38–44, 2009.
9. HRABÁLEK, L., WANEK, T., ADAMUS, M.: Identifikace lumbosakrálního nervového plexu během stabilizace typu XLIF. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 556–561, 2011.
10. KIM, K. S., YANG, T. K., LEE, J. CH.: Radiological changes in the bone fusion site after posterior lumbar interbody fusion using carbon cages impacted with laminar bone chips: follow-up study over more than 4 years. *Spine*, 30: 655–660, 2005.
11. KUMAR, A., KOZAK, J. A., DOHERTY, B. J., DICKSON, J. H.: Interspace distraction and graft subsidence after anterior lumbar fusion with femoral strut allograft. *Spine*, 18: 2393–2400, 1993.
12. LINOVTZ, R. J., PEPPERS, T. A.: Use of an advanced formulation of beta-tricalcium phosphate as a bone extender in interbody lumbar fusion. *Orthopedics*, 25: 585–589, 2002.
13. MADAN, S. S., HARLEY, J. M., BOEREE, N. R.: Anterior lumbar interbody fusion: does stable anterior fixation matter? *Eur. Spine J.*, 12:386–392, 2003.
14. MC AFFE, P. C., REGAN, J. J., GEIS, P. W., FEDDER, I. L.: Minimally invasive anterior retroperitoneal approach to the spine. Emphasis on lateral BAK. *Spine*, 23: 1476–1484, 1998.
15. ONDRUŠ, Š., STRAKA, M., BAJEROVÁ, J.: Trikalciemfosfát v kombinaci s autologní kostní dřeň v léčbě cystických kostních defektů v dětském věku. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 544–550, 2011.
16. PRADHAN, B. B., BAE, H. W., DAWSON, E. G., PATEL, V. V., DELAMARTER, R. B.: Graft resorption with the use of bone morphogenetic protein: lessons from anterior lumbar interbody fusion using femoral ring allografts and recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Spine*, 31: E277–284, 2006.
17. SASSO, R. C., LEHUEC, J. C., SHAFFREY, C.: Iliac crest bone graft donor site pain after anterior lumbar interbody fusion: a prospective patient satisfaction outcome assessment. *J. Spinal Disord. Tech.*, 18 (Suppl.): S77–81, 2005.
18. TSANTRIZOS, A., ANDREOU, A., AEBI, M., STEFFEN, T.: Biomechanical stability of five stand-alone anterior lumbar interbody fusion constructs. *Eur. Spine J.*, 9: 14–22, 2000.
19. WENDSCHE, P., KOČIŠ, J., CHMELOVÁ, J., KELBL, M., STURSA, V.: Radiologické středně-dlouhé výsledky u Th12 a L1 zlomenin, kde přední sloupec byl rekonstruován alogenním diafyzárním tibiálním štěpem. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 80: 34–42, 2013.
20. ZELLE, B., KONIG, F., ENDERLE, A., BERTAGNOLI, R., DORNER, J.: Circumferential fusion of the lumbar and lumbosacral spine using a carbon fiber ALIF cage implant versus autogenous bone graft: a comparative study. *J. Spinal Disord. Tech.*, 15: 369–376, 2002.

Korespondující autor:

Doc. MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D.
Neurochirurgická klinika FN a LF UP Olomouc
I. P. Pavlova 6
775 20 Olomouc
E-mail: lumir.hrabalek@seznam.cz